

Richard Hölscher und Wolfgang Büscher, Bonn

Emissionsreduzierung in dezentral entlüfteten Schweineställen?

Öl-Aerosolapplikation als Nachrüstlösung

Eine Ölgemisch-Aerosolapplikation im Schweinestall wurde auf ihre Wirkung hinsichtlich der Minderung der Konzentrationen von Staub und Ammoniak im Stall untersucht. Die Wirksamkeit dieses Verfahrens als Nachrüstlösung für dezentral entlüftete Schweineställe wurde hinsichtlich der Ausstoßminderung bewertet. Reduzierungen der Gesamtstaubemission von 68% und der Ammoniakemission von 28% wurden festgestellt.

Wissenschaftliche Untersuchungen zu Abluftreinigungsverfahren in der Tierhaltung reichen bis in die 70er Jahre zurück [1]. Die meisten der in der Praxis betriebenen Systeme setzen eine zentrale Abluftführung voraus. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung am Institut für Landtechnik, Bonn, wurden Konzepte erarbeitet, die eine Nachrüstung der Abluftreinigung in dezentral entlüfteten Altgebäuden zur Schweinemast ermöglichen. Aus den generell denkbaren Verfahren [2] wurden zwei Systeme ausgewählt und über den Zeitraum einer Mastperiode in konventionellen Mastställen auf ihre Wirksamkeit hinsichtlich Staub- und Ammoniakreduzierung untersucht. Die Ergebnisse zu einem dieser Verfahren werden im Folgenden vorgestellt. Grundgedanke bei der Auswahl der Verfahren war eine Emissionsminderung des Maststalles zu bewirken, indem man die Innenraumkonzentration der Schadstoffe senkt, so dass der Emissionsmassenstrom als Produkt aus Konzentration und Abluftvolumenstrom im Vergleich zu einem Referenzsystem vermindert ist. Damit kann eine positive Wirkung hinsichtlich des Gesundheitseffekts bei Tier und Mensch und eine Minderung der umweltrelevanten Emissionen des Maststalls bewirkt werden.

Verfahren

Steht Staub aufgrund seiner gesundheitsbeeinträchtigenden Wirkung bei Langzeiteinwirkung (Farmerlunge) und der zunehmenden Beachtung durch die Öffentlichkeit (Feinstaubdiskussion) im Fokus der Betrachtung, sind die Verfahren zum Versprühen pflanzlicher Öle sehr vielversprechend. Erste Versuche hierzu wurden bereits 1985 in Dänemark durchgeführt [3]. Das Verfahren wurde in den Folgejahren hinsichtlich eingesetzter Ölmengen und Ausbringungstechnik von Forschungseinrichtungen in Dänemark, den USA und Kanada optimiert. Mit Ölmengen von 5 bis 40 ml pro Tier und Tag werden Reduzierungen der Staubkonzentration im Stall von 40 bis 90 % erreicht. Dies gilt sowohl für Gesamtstaub als auch für Feinstaub

(PM10 und PM5). Ausbringung der Öl-Wasser-Emulsion – meist einmal täglich – erfolgt in der Regel durch Pflanzenschutzdüsen oder Sprinkleranlagen, die bei einem Druckniveau von etwa 4 bar arbeiten [4, 5]. Beim Versprühen entstehen dabei vornehmlich Tropfen und wenig Aerosole. Der Effekt der Staubreduktion wird durch das Anhaften der Staubpartikel an den mit Öl benetzten Oberflächen (Gitter, Spalten,...) erklärt. Abweichend von dieser Art der Anwendung wurden in Deutschland, den Niederlanden und Japan Versuche zur Staubbindung mit Öl-Emulgator-Aerosolen gemacht. Hierzu wurden zum einen Rotationsdüsen eingesetzt, wobei eine Staubreduktion im Kompoststall von 18% bei 80 ml/m² Ölmenge pro Tag erzielt wurde [6]. Zum anderen wurden Versuche im Hähnchenmaststall mit konventioneller Sprühbefeuchtung durchgeführt, die mit Hochdruck von 120 bar arbeitete. Die Staubreduktion lag im Bereich von 2 bis 12% [7]. Der Effekt der Staubreduktion wird bei diesen beiden Verfahren dadurch erklärt, dass die Aerosoltröpfchen mit den Staubpartikeln Kondensationskeime bilden und damit die Sedimentation fördern.

Ergebnisse zu Emissionsmessungen wurden erstmals 2001 veröffentlicht [8]. Bei keinem der Versuche konnte eine Reduktion der Ammoniakkonzentration durch Öleinsatz festgestellt werden, sofern diese mitgemessen wurde.

Material und Methoden

Im Rahmen der Untersuchung am Institut für Landtechnik in Bonn wurden vergleichende Messungen in einem konventionell genutzten Maststall durchgeführt. Der Maststall wies zwei Abteile auf, die in ihrer Lüftungs- und Entmistungstechnik voneinander getrennt waren. Die Abteile wurden nahezu gleichzeitig mit Tieren einer Herkunft belegt. Die jeweils dezentrale Lüftung wurde auf gleiche Weise gesteuert. Die Schweine wurden mit Flüssigfütterung viermal täglich rationiert gefüttert. Zur Ölapplikation kam ein modifiziertes Gerät zur Hochdrucksprühbefeuchtung (>70 bar) zum Einsatz.

Dipl.-Ing. Richard Hölscher ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Prof. Dr. Wolfgang Büscher ist Leiter der Abteilung „Verfahrenstechnik der Tierischen Erzeugung“ am Institut für Landtechnik der Universität Bonn, Nussallee 5, 53115 Bonn; e-mail: richard.hoelscher@uni-bonn.de

Schlüsselwörter

Staub, Ammoniak, Emissionsminderung, Mastschweine

Keywords

Dust, ammonia, emission reduction, fattening pigs

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06321 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/lo-cal/fliteratur.htm> abrufbar.

Das verwendete Öl war dabei ein Gemisch verschiedener ätherischer Öle mit Bakterien und Viren hemmender Wirkung in Kombination mit einem Trägeröl. Die Ölmenge betrug etwa 3 bis 5 ml pro Tier und Tag. Abteil 2 diente als Referenzabteil.

Die Staubkonzentration im Stallraum wurde zum einen durch ein Streulichtaerosolspektrometer der Firma Grimm, Model 1.105 gemessen, zum anderen mit einem gravimetrischen Sammler (Durchfluss 1,1 m³/h) in Anlehnung an VDI 2463 erfasst (Probennahmehöhe beider Geräte 1,5 m). Die Ammoniakkonzentration wurde mit einem photoakustischen Multi-Gas Monitor der Firma Innova und zur Absicherung parallel mit einem NDIR-Spektrometer (Binos) der Firma Rosemount gemessen. Die Ammoniak-Messgeräte arbeiteten im Bypass-Prinzip; eine Labor-Membranpumpe führte die Propenluft den Geräten über beheizte PTFE-Schläuche zu.

Mit Ausnahme des gravimetrischen Staubsammlers, der zur Abbildung eines charakteristischen Tagesverlaufes der Staubkonzentration mit Zeitschaltuhr jeweils 24 Stunden arbeitete, wurden die Messwerte minütlich vom Messrechner erfasst. Die Lüftungsdaten wurden zur Bestimmung der Emissionsströme ebenfalls minütlich gespeichert, des Weiteren alle relevanten Klima- und Fütterungsdaten (Zeiten, Gewichte).

Über die Mastperiode verteilt wurden in drei Zeiträumen Messungen durchgeführt (Durchschnittsgewicht: 45, 70, 80 kg), wobei zu jeder Versuchseinstellung mindestens drei Tage (ein Messzyklus = 24 Stunden) durchgängig gemessen wurde.

In der Datenanalyse wurden vorwiegend die Durchschnittswerte der Tagesmittelwerte (1440 Messpunkte) der jeweiligen Versuchseinstellung miteinander verglichen. Um den großen Einfluss der Lüftrate im Systemvergleich auf gleiche Weise zu berücksichtigen, wurde generell die Quellstärke herangezogen, berechnet gemäß

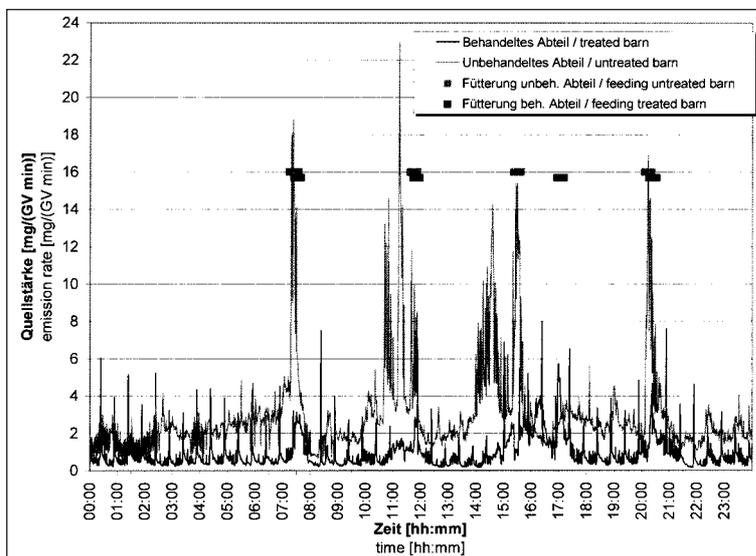
$$\text{Quellstärke} = \frac{\text{Massenkonzentration} \cdot \text{Luftvolumenstrom}}{\text{Tierzahlf} \cdot \text{Tierlebensgewicht}} \quad \left[\frac{\text{mg}}{\text{GV min}} \right]$$

Ergebnisse

Quellstärken für Gesamtstaub weisen typische Tagesverläufe auf, die vornehmlich durch den Einfluss der Tieraktivität dominiert werden [9]. Einen typischen Tagesverlauf für die Gesamtstaubemission zeigt *Bild 1*. Deutlich erkennt man im Abteil ohne Aerosolapplikation die Emissionspeaks zur Fütterungszeit. Wie bereits erwähnt, handelte es sich um eine rationierte Flüssigfütterung, was zur Folge hatte, dass zur Fütterung nahezu alle Tiere aktiv waren. Im behandelten Abteil sind diese Peaks deutlich abge-

Bild 1: Tagesverlauf der Quellstärke für Gesamtstaub mit und ohne Aerosolapplikation

Fig. 1: Dust emission rate in the course of the day with and without aerosol treatment



schwächt und insgesamt bewegt sich die Quellstärke auf einem niedrigeren Niveau. Man erkennt weiterhin deutlich die kleineren, regelmäßigen Peaks, die die Sprühzeiten markieren. Das Streulichtspektrometer zählt die Aerosolpartikel der verschiedenen Fraktionen der Probenluft unabhängig davon, ob es sich um Wasser/Öl-Tröpfchen oder Staubpartikel handelt. Im Verlauf der Messwerte zum behandelten Abteil in *Bild 1* wird somit deutlich, wie durch den Aerosoleintrag die eigentliche Staubmessung verfälscht wird. Nichtsdestotrotz liegen die Partikelemissionen selbst bei Aerosoleintrag durch die Ölapplikation unter den Partikelemissionen des Referenzabteils. In Vorversuchen wurde festgestellt, dass während und bis zu 15 Minuten nach dem Sprühen in erster Linie die Sprühaerosole vom Spektrometer detektiert wurden. Zur weiteren Datenanalyse und damit zum Vergleich des Systems mit der Referenz wurden daher nur die Messwerte ohne Sprühzyklus und ohne die jeweils folgenden 13 bis 14 Minuten herangezogen.

Im Durchschnitt der drei Messperioden (>22 Messtage) wurde gegenüber der Referenz eine Verminderung der Gesamtstaubemission von 68 % erzielt. Bei den Quellstärken für PM10-Staub wurde eine durchschnittliche Minderung von 65 % festgestellt. Die Ammoniakemissionen sanken bei Aerosolapplikation um durchschnittlich 28 %. Vergleicht man die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit den Ergebnissen der Messungen zu Rapsöl-Anwendungen der Vergangenheit, so fällt besonders die Minderung der Ammoniak-Emission ins Auge, die bislang nicht festgestellt worden war. Dies ist auf drei wesentliche Verfahrensunterschiede zurückzuführen:

1. Die Systemcharakteristik mit der Frequenz der Ölgemisch-Aerosol-Applikation zum einen und der sehr feinen Tröpfchencharakteristik zum anderen, die sich aus der Auslegung der Anlage hinsichtlich Druckniveau, Düsengeometrie, Düsenanzahl und Düsenanordnung ergibt, stellt den größten Unterschied dar. Durch die

vergleichsweise hohe Frequenz der Aerosolapplikation während Tag- und Nachtzeit kommt dies einer quasikontinuierlichen Behandlung der Stallluft gleich.

2. Das Ölgemisch, das aufgrund der ätherischen Öle eine bessere Bindung des Ammoniaks im Vergleich zu einfachem Raps- oder Sojaöl zur Folge hat, differenziert die Systeme zum Zweiten.
3. Die Verdunstungskühlung (durch die sehr feinen Tröpfchen/Aerosole begünstigt), die einen indirekten Einfluss auf die Lüftungsrate hat und damit zu vergleichsweise reduzierten Abluftvolumenströmen führt, ist ein ergänzender Effekt.

Diskussion

Durch die dargestellten Untersuchungen wurde die Eignung der Öl-Aerosolapplikation als Nachrüstlösung zur Emissionsreduzierung bez. Staub und Ammoniak belegt. Der Umwelt-relevante Aspekt der Emissionsminderung wird durch die Tatsache deutlich gesenkter Innenraumkonzentrationen an Staub und Ammoniak im Sinne einer Verbesserung der Lufthygiene im Stall zur Verbesserung der Mastbedingungen für die Tiere und im Sinne einer verbesserten Arbeitsumgebung für den dort tätigen Menschen unterstützt. Die Konzentrationen an Gesamtstaub sanken um 59 %, an PM10-Staub um 54 % und an Ammoniak um 16 % (statistisch höchst signifikant). Bei den Schlachtkörperuntersuchungen waren bei den Tieren des behandelten Abteils (über die gesamte Mastperiode behandelt) tendenziell weniger Lungenbefunde zu verzeichnen; makroskopische und histologische Stichprobenuntersuchungen der Lungen (jeweils 25 Stück) zeigten keinen negativen Einfluss der Öl-aerosole auf die Tierlungen. Eine durch das „Institut für Hygiene“ der Universitätsklinik Bonn durchgeführte Bestimmung der Pilzsporenkonzentration der Stallluft ergab eine um 58 % geringere Innenraumkonzentration an Schimmelpilzsporen im behandelten Abteil.